リアルタイム計測評価システム TEXELA とその応用事例の紹介

横河電機(株) TEXELA センター 越 智 隆 志

Introduction of Realtime Measurement & Evaluation System TEXELA

Takashi Ochi

Yokogawa Electric Corporation TEXELA Center

TEXELA is the realtime measuring system for vibration and distribution analysis. TEXELA utilizes cards which conform to the VME and VXI bus standards. TEXELA is connected with UNIX workstation and has high-speed measurement and high-level analysis functions. This paper explains functions, software and structure of TEXELA. Furthermore, it covers applications of paper production supporting system, facility diagnosis and injection molding system.

1. TEXELA の紹介

TEXELA は高速回転体や複雑な機械要素などの挙動を高速で計測し、その特性を評価・解析することを目的に開発されたリアルタイム計測評価システムである。解析・評価の為にツールとしては、一般的な統計解析や関数同定は無論のこと、信頼限界評価や鳥かん図及びコンターマップ描画など通常使用される評価関数はほとんどが網羅されていると言っても過言ではない。また、評価領域も時間領域のみならず、周波数領域もカバーできる極めて汎用性に富んだシステムである。

1.1 構 造

TEXELA の外観を図 1 にそしてその構造を図 2 に

示す。

高速汎用マイクロプロセッサ用バス (VME バス) 上に高速高機能計測カード、リアルタイム CPU、デュアルポートメモリ (DPM)、UNIX CPU が図 2 のごとく配置されている。計測カードにより高速で取り込まれたデータはリアルタイム CPU の管理下で DPM に書き込まれていく。UNIX CPU はこの DPM からデータを取り出し、加工/可視化、データ管理、ネットワーク対応、プログラム開発環境、帳票処理などを実施する。従って大量高速データ処理がリアルタイム環境下で実現され、一方、UNIX 環境下でオープンマルチベンダ環境と高度解析機能が実現されている。

勿論、UNIX ワークステーションは汎用 WS の SUN SPARCstation, HP Apollo 9000/700 シリーズなどと直結して使用することが可能であって、そのときの構成は図 3 の如くなる。図 2, 3 いずれもアプリ

図 1 TEXELA の外観

図 2 TEXELA の構造

図3 TEXELAの構造（汎用WS対応）

ケーション開発支援ツール／パッケージを登録することでユーザ環境が提供され使用可能状態となる。TEXELAではプログラム言語としては移植性に優れたC言語と高度解析用言語としてS言語とを登録しているが、前記のツールとパッケージを使用することにより、プログラムを全く知らない人でも簡単に使いこなすことができるようになっている。

1.2 ソフトレス環境の原理

図4にソフトレス環境実現の原理を示す。ここには計測、解析、報告書作成及びこれら一連のタスクの各種条件やタスクの切り替え／パラメータ設定、データベース管理を含めたソフトウェア開発などが全て画面対話式に条件を入力していくと自動的にでき上がっていく環境が図示されている。これを列記すると次のようになる。

- ・入力信号を自動的にデータベースに登録すると同時にそのハンドリング条件を設定する計器パネル
- ・低次元から高次元までの各種解析並びに2次元／3次元作図条件を設定する解析パネル
- ・報告書作成のための帳票パネル
- ・各種操作／表示画面作成のための画面パネル
- ・全体のプログラムの流れを規定する実験操作パネル

以上の各種パネルからそれぞれ動作条件を入力していくと、C言語環境、S言語環境で自動的にプログラ

図4 TEXELAのソフトレス環境

ムができ上がっていく仕組みになっている。この過程ではC言語やS言語といったプログラム言語には一切関係なく、画面対話式にそれぞれ必要条件を入力してやるだけでよく、プログラムの知識、経験が無くてもアプリケーション・プログラムが作れるといった点が大きな特長になっている。

1.3 開発コンセプト

構造と原理の項で簡単に触れてきたが、開発にあたりユーザ各位より種々ご要望を戴き、それらに基づいて開発コンセプトを設定した。表1に我々に寄せられたユーザの声とその具体的要求内容を紹介し、併せてそれら要望に基づき設定されたコンセプトを紹介する。

以上のようなユーザ要望に基づき、TEXELAは以下の3項目のコンセプトに基づき開発した。

① 計測 (Measurement), 制御 (Control), 情報 (Information) の統合

- ・MCI統合；リアルタイム計測・制御・解析機能を1台に集約してハイコストパフォーマンスを実現

② 優しいユーザ・インタフェース

- ・ユーザによるアプリケーションソフトウェアのカスタマイズを強力に支援

③ オープンアーキテクチャ

- ・ネットワークによる計測環境の効率化を促進
- ・他社ワークステーションとの協調（オープン・マルチベンダ環境）

1.4 機能概要

以上のコンセプトを実現するために、TEXELAにおいては様々な工夫がなされている。それらの一端を紹介することにより、実用性と適用分野の広さをご理解いただければ幸いである。

すでに構造のところでも述べたように、TEXELAでは高速でデータを収集・制御する機能と、そのデータを加工・登録・保存・通信など管理する機能とに分けてあって、相互に干渉されることなく独立したタスク遂行が可能な構造となっている。このことにより計測・制御上最も大切な計測・制御最優先の構造が実現されていることがお分かりいただけると思う。

次に大切なことはイベントドリブン構造となっていることである。TEXELAでは計測環境で8レベルの割り込みを定義できるようになっていて、オンライン・リアルタイム環境で関連システムと連携を取りながら使用することが可能な構造となっている。

1例を上げるなら、リアルタイムCPU上に持っているDPMはFIFO構造となっているので、このメモリの特性を利用して先に述べた割り込み機能やトリガ

表 1 ユーザの声と具体的要求内容

ユーザの声	具体的要求内容
計測・解析・評価のトータル品質向上とトータル・コスト低減を実現したい。	オール自動化・省力化を行いたい。
計測・解析・評価実施にあたってバック・ログを解消したい。	ハード・ソフトの標準化を行い手軽に実施できるようにしたい。
アプリケーション・プログラムが簡単に作成できかつ修正変更も誰でもできるようにする。	プログラム作成の知識がなくてもソフト作成ができ、人に優しいマン・マシンインタフェースであること。
計測・解析・評価結果がすぐわかること。ターンアラウンド・タイム短縮。	高速で正確な計測。リアルタイム・モニタと制御機能を備え、リアルタイムで解析・評価できる。
計測・解析・評価のデータの一元管理。	計測データ・ベースの自動構築/登録/抽出機能とデータ/資源の共有/共用環境を持つ。
システム全体をコンパクトにまとめたい。	モジュール化によるダウンサイジングを計る。(標準規格モジュールの採用)
既存のシステムと協調できる。PC/EWS/ホスト・コンピュータ/各種専用システムとの連携可能なこと。	異機種間接続を含めたネットワーク連携機能を持つこと。各種専用システムとは GP-IB/RS-232 C 経由で連携をとる。

機能と組み合わせることにより、データを自由に取捨選択しながら運転支援の指標を提供したり、高速で変動するトランジェント・データを基に、複数の変数間の相関や時間領域だけではなく、周波数領域における解析結果との組み合わせによる判定基準などを提供していくことなどが極めて容易に行えるようになっていく。

このような機能を実現するうえで最も重要な機能が以下に述べる各種の機能である。それぞれの詳細については本紙上で省略するが、もし興味をお持ちの方がおられたら別途詳細な資料を提供することとした。

- ① 高機能で充実した計測カード群…表 2 参照
 - ・高速データ収集への対応
 - ・トリガ計測による的確なデータ補足
 - ・汎用計測器のもつ機能の取り込み
- ② 汎用性に富んだ計測処理内容…表 3 参照
 - ・データの収集・表示・格納をリアルタイム処理
 - ・多種多点のデータ収集・同時記録・高速監視
 - ・定常または過渡現象の記録・表示
- ③ 高速かつ使いやすい解析処理…表 4 参照
 - ・日本語解析コマンド約 380 種
 - ・多種多様な解析とグラフ描画
 - ・処理スピードが早い
 - ・メニュー選択と FIF によるコマンド設定の簡単化
- ④ 優しいユーザインタフェース…図 5 参照

これらの機能は、いずれも現場でも自由に扱えることを前提に設計されているので、画面对話式に必要な条件を入力していくとアプリケーションプログラムができ上がって行くようになっている。特に実用化にあたっては、いざ使い始めてみると、チョコットした手直しをしたいケースが結構あると聞いている。こういった場合にも、TEXELA では自分で簡単に手直しができ使い勝手が良い、とのコメントをいただいている。

以上、TEXELA の紹介を行ってきたが、これらの機能をベースとした応用事例のいくつかを紹介し実用上どんな使い方ができるか、または、使うことによりどんなメリットが得られるのかと言った点につき事例をもとに紹介をして行きたいと思う。

2. アプリケーションの紹介

TEXELA は冒頭の紹介の項でも述べたように、高速計測評価システムとして開発したシステムではあるが、最近になって連続プロセスを含めた装置産業の運転支援、設備診断や製品品質のつくり込みの為のモニタ、または規格外製品の原因追求のためのツールなどとして採用されるケースが増加してきている。紙パルププロセスにおいても同様な動きがあり、そのための機能のつくり込みを含めてアプリケーション開発を行ってきた。ここでは、それらのうち幾つかを以下のような分類にわけて紹介する。

表 2 計測カード一覧表

分 類	機 能	形 名	主 な 仕 様
アナログ	高精度アナログ入力	AD 1600	16 CH, 積分形 AD, 熱電対接続, ネジ端子式
		AD 1601	16 CH, 積分形 AD, 熱電対接続, コネクタ式
	高分解能アナログ入力	AD 1610	16 CH, 16 bit, 100 kS/s
	中速アナログ入力	AD 1620	16 CH, 12 bit, 200 kS/s
	マルチプレクサ	MX 1600	AD 1620 を 32 CH に拡張
	サンプルホールド	SH 0800	8 CH 同時サンプル/マルチプレクサ (～50 kS/s) 4 CH 同時サンプル/マルチプレクサ (～100 kS/s)
	1 MS/s アナログ入力	AD 0416	4 CH, 12 bit, 1 MS/s
	アンチエイリアシングフィルタ	AF 0401	4 CH, 100 Hz～20 kHz
	DSP 付アナログ入力	AF 0801	8 CH, 100 Hz～20 kHz
	アナログ出力	AP 0410	4 CH, 16 bit, 100 kS/s, $\Delta\Sigma$ A-D
		AS 0401	4 CH, 絶縁形, 12 bit, $\pm 5/10$ V
	絶縁アンプ	AS 0811	8 CH, 12 bit, 200 kHz, $\pm 5/10$ V
		ZA 0400	4 CH, 絶縁形, 0～5 kHz (－3 dB)
VXI	ディジタルマルチメータ	LE 1326 B	5 1/2 桁, DC/AC 電圧, 2/4 端子抵抗
	アナログ出力	LE 1328 A	4 CH, 絶縁型, 16 bit
	リレーマルチプレクサ	LE 1345 A	16 CH (3 端子) または 8 CH (4 端子)
	C型スイッチ	LE 1364 A	16 CH, 250 V, 1 A DC または ACrms
パルス	パルス入力	PN 0800	PI 2 CH (200 kHz)
	パルス入出力	PU 0200	PI 2 CH (50 MHz), PO 2 CH (1 MHz)
ディジタル	ディジタル入出力	DD 2416	DI 24 点 (内割込 8 点可), DO 16 点
	ディジタル入力	DN 6400	DI 64 点 (64 点全て割込可), 電圧/接点入力
	ディジタル出力	DS 6400	DO 64 点, 60 V/0.4 A
	タイミングコントロール	TC 0100	4 CH, 分周, 逓倍, トラッキング, トリガ
		TC 0800	8 CH, 分周, 逓倍, トラッキング, パターントリガ
FFT	高速フーリエ変換	FP 0100	8 CH, 5 ms/1,024 点 FFT
通 信	GP-IB	GP 0100	1 ポート, IEEE-488, システムコントローラ機能
	RS-232-C	RS 2030	3 ポート, RS 232 C, 19,200 bps
	RS-422	RS 4030	3 ポート (RS 2030 カードと組合せ)

表 3 計測処理

分 類	機 能	主 な 仕 様
データ収集	実験モニタ	瞬時データのトレンドグラフ表示
	時系列データ収集	定周期信号 (0.1 秒以上) の繰り返し計測 電圧, 電流, 抵抗測定
	アナログデータ収集	高速 (最高 1 MS/s) トリガ計測
	パルスデータ収集	パルスカウント, 時間計測
	周波数解析	FFT/オクターブ解析, 解析周波数 40 kHz
データ処理	演算処理	収集データの演算処理
通 信	GP-IB 通信	GP-IB による定周期信号の繰り返し計測
	RS 通信	RS-232-C による定周期信号の繰り返し計測

表 4 解析処理 (日本語解析コマンド)

分 類	機 能
演算関連	数学演算/論理演算
データ操作関連	生成/部分抽出/並び替え/行列操作/文字列処理など
行列配列演算	行列演算/行列式/固有値など
高水準作図	折れ線グラフ/3次元解析図/鳥瞰図/等高線図/表作成など
低水準作図	線分/点/矢印/軸/表題/枠など
補 間	スプライン/移動平均/平面補間など
データシート関連	データシート/ダイアログボックスの起動など
統計, 回帰関連	基本統計/直線・曲線回帰/重回帰など
複素数, FFT 関連	FFT/複素演算など
類別, 多変量関連	分類/検定/距離/クラスタなど
確率分布と乱数	T分布/F分布/正規分布/対数分布の確率・乱数など

図 5 優しいユーザインターフェース

2.1 生産支援関連 (プロセスオペレーション支援)

プロセス・オペレーション支援の例として紙パルプ・プロセスにおける抄紙機運転支援システムの例を図6に示す。

* システム概要

抄紙機における紙切れの要因を解析すると同時にプロセス・オペレータに対して詳細な運転管理データを提供する。例えば、紙切れ発生直前の BM 計などからのプロセス・データを一定時間収集して時系列、回帰、相関解析を自動的に行う。

* 導入のメリット

- ・計測・解析業務の簡易化

- ・計測・モニタ・解析までを一体化したシステム

- ・データの一元管理と統合化

- ・紙切れ要因解析の実現

- ・プロセス変数の任意組み合わせと相関/回帰など任意解析機能による詳細な運転管理指標の提供

2.2 設備診断関連 (品質保証/メンテナンス)

品質保証/メンテナンスの事例として図7に製鉄工場で薄板製造ラインの設備診断関連システムへの適用事例を示す。

* システムの概要

ホットストリップミルの減速機の歯車の摩耗、ガタ、傷などを自動検出し巡回点検作業の減人化/自動化を

図 6 抄紙機運転支援システム構成図

図 7 設備診断関連システム構成図

進めると共に製品品質の安定化を計る。

＊導入のメリット

- ・メンテナンス要員の大幅な削減と作業の兼任化
- ・品質管理指標に基づく限界値管理の実施
- ・診断結果報告書作成の大幅なスピードアップ
- ・設備保全費用の削減
- ・計画的な予防保全の実施

2.3 開発支援関連（主として研究所／生産技術）

新製品開発時に製造ラインでの最適製造条件をあらかじめ把握し、それに基づいて一定品質を確保するための運転指標を設定する。このときに、時間の経過に伴う各種パラメータの再調整と何が変動の主要因かをあらかじめ把握しておき生産支援を行う例として射出成形機での適用事例を図8に示す。

＊システムの概要

射出成形機のマイクロ特性／マクロ特性に基づき成品の一定品質を確保するための成形条件を出し、及び

図 8 射出成形機での適用事例

経時変化に伴うパラメータ間の相関関係と変動要因とを把握し最適な成形条件を常に確保する。

＊導入のメリット

- ・多様な成形条件に対応したデータ計測・解析が可能
- ・材料・金型・成品の総合的な特性把握ができる
- ・温度・圧力・時間による成形要因分析とその相関がわかる
- ・問題発生時の解析と対応策が理論的に、迅速に進められる
- ・射出条件出し、試験業務のリードタイム短縮（条件設定～計測～解析～報告の一連の試験が1台で可能）